

Detección de una avenida del Segre mediante el sensor TM del Landsat-4

R. Arbiol⁽¹⁾, J. Calvet⁽²⁾ y O. Viñas⁽¹⁾

(1) Institut Cartogràfic de Catalunya (ICC), c/ Balmes, 209-211.
08006 Barcelona.

(2) Dep. de Geologia Dinàmica, Geofísica i Paleontologia,
U. de Barcelona, Gran Vía, 585, 08007 Barcelona.

INTRODUCCION

En el presente trabajo se exponen los resultados de dos estudios centrados en la detección, mediante datos TM del LANDSAT4, de los efectos de una importante avenida que experimentó el río Segre los días 7 y 8 de noviembre de 1982.

En la figura 1 se indican los caudales, máximos y relativos, registrados en estos días en los ríos catalanes, así como los totales pluviométricos de las lluvias, de los días 6 y 7, que provocaron las avenidas.

Los estudios se realizaron en dos tramos del valle del Segre, uno junto a la Seu d'Urgell (tramo I) y el otro entre Balaguer y Lleida (tramo II). Los datos disponibles fueron :

- imágenes TM del 23/I/83.
- fotografías aéreas a escala 1:20.000 (ampliadas a 1:5.000), del 5/12/82 para el tramo I, y del 14/12/82 para el tramo II,
- cartografía geomorfológica detallada, realizada en el campo, para el tramo II.

El tratamiento informático se realizó en el Institut Cartogràfic de Catalunya, con un "software" desarrollado en el Centre de Càlcul de la Universitat Politècnica de Catalunya y modificado en el I.C.C.

Los objetivos del conjunto de ambos estudios pueden dividirse en dos grandes apartados:

- + Delimitación del área afectada por la avenida.
- + Cartografía de los distintos efectos de la avenida en el área inundada.

Debido a la relativamente baja resolución del canal 6, sobre todo teniendo en cuenta la pequeña extensión de las áreas a estudiar, los datos de este canal no se tuvieron en cuenta.

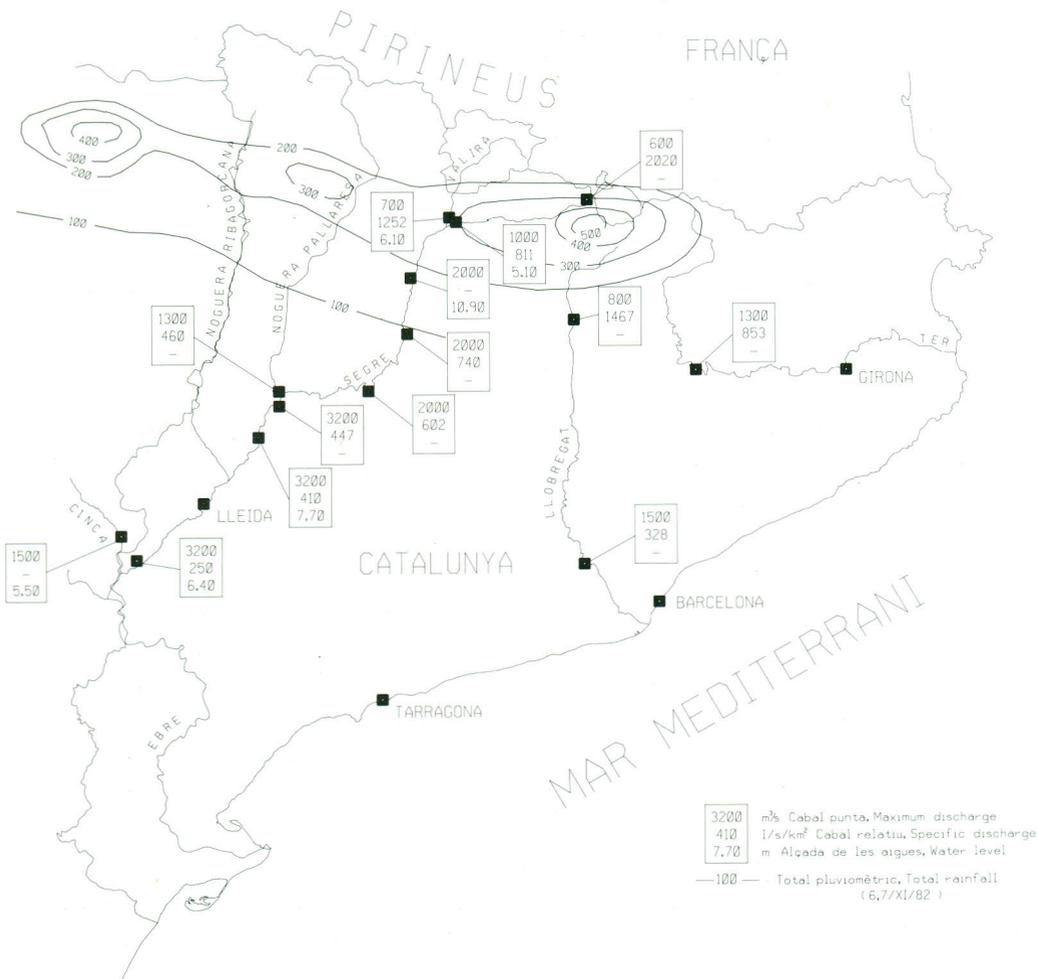


Figura 1.- Datos pluviométricos y limnigráficos de las lluvias y avenidas del Noviembre de 1982 en Catalunya. Según Banda (1983) y Pla d'obres i ... (1983).

DELIMITACION DEL AREA AFECTADA POR LA AVENIDA

En el tramo II, el área inundada por la avenida se delimitó manualmente, sobre una combinación en falso color, a partir de los datos de campo.

En el tramo I (imagen 1) se intentó la delimitación mediante clasificación automática. Se efectuaron diversas clasificaciones observándose que ninguna de ellas discriminaba claramente el área inundada del resto de la imagen. Esto sucedía a pesar de que en cuatro perfiles radiométricos, transversales al valle del Segre, parecía que en los canales 1, 2, 3 y 7 podía diferenciarse bastante bien el área inundada, tal como se muestra en la figura 2, en la que los píxels correspondientes a áreas afectadas por la inundación (punteados) presentan valores de reflectancia superiores a los píxels no afectados. Sin duda las confusiones procedían de que las diversas clasificaciones no distinguían bien las áreas inundadas de las áreas no cubiertas de vegetación que aparecían en el resto de la imagen.

Dados estos resultados negativos, se optó por efectuar un tratamiento de los datos radiométricos a fin de realzar el efecto de la inundación y clasificar con ellos la imagen.

En cada perfil radiométrico se compararon los canales dos a dos, lo cual puede hacerse por comparación directa del perfil de un canal con el otro, o bien mediante un diagrama de correlación entre los dos canales. Procediendo así se observa, por ejemplo, que los canales 1, 3 y 7 presentan una marcada correlación, por lo que sus combinaciones no aportaran mejor información. En cambio la correlación entre los canales 1 y 4 es baja en conjunto, pero elevada para cada tipo de "terreno". A partir de aquí se escogieron varias combinaciones de canales; para cada una de ellas se visualizó la imagen que se obtenía con la diferencia entre canales, a fin de observar si en el conjunto de la imagen se realzaba el área inundada. Se procedió de igual manera para cada combinación, efectuando el cociente entre canales, pero se observó que en todos los casos las diferencias realzaban mejor el área inundada.

A partir de aquí retuvimos las siguientes combinaciones:

- el canal 1 (C1)

TRANSECTE SEGRE 34
TRANSECT SEGRE 34

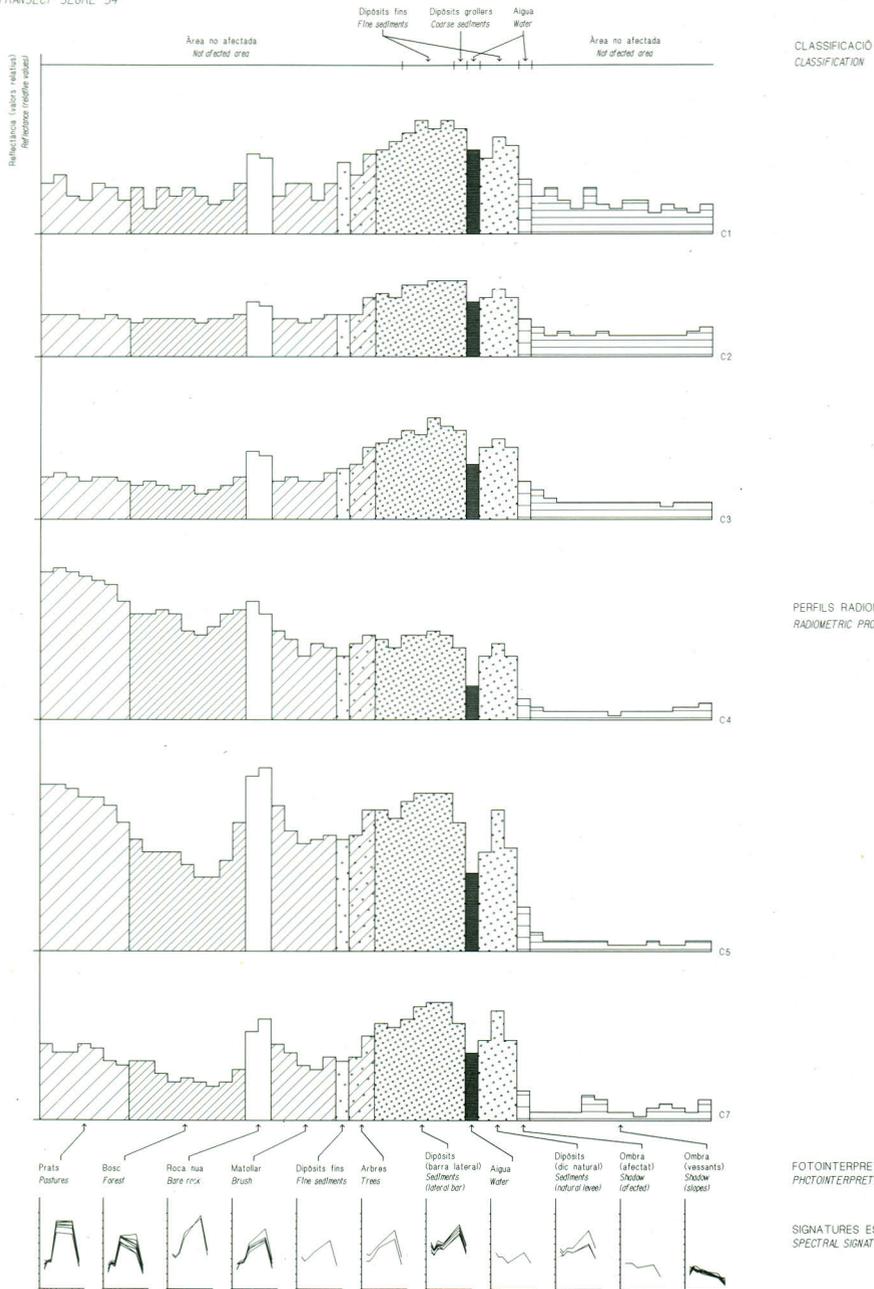


Figura 2.- Perfiles radiométricos correspondientes a un transecto en el tramo I. Se indican los resultados de la fotointerpretación y de la clasificación.

- la diferencia entre los canales 1 y 4 (C1-C4)
- la diferencia entre los canales 2 y 5 (C2-C5)
- la diferencia entre los canales 7 y 4 (C7-C4)

Una clasificación automática de la imagen obtenida con estos datos (imagen 2) nos proporcionó 30 clases espectrales que, en función de su repartición espacial, fueron agrupadas en dos grupos, correspondientes a área inundada y área no inundada (imagen 3). Las únicas confusiones se presentaron en las graveras, edificaciones y pueblos, carreteras y un pequeño aeropuerto que estaban contenidos en clases que representaban, además, importantes sectores de áreas inundadas. De este modo, estos sectores que son fácilmente identificables, quedaron englobados en el área inundada.

La valoración de los resultados se realizó sobre los perfiles establecidos (fig.2) observando que el área considerada como inundada aparecía en algunos sitios más estrecha que la considerada como tal en la fotointerpretación. En realidad la clasificación consideró como no inundadas áreas que fueron debilmente inundadas o que presentan vegetación, poco afectada, que oculta el suelo. Podemos admitir que la cartografía automática discriminó las áreas en las que hubo erosión del suelo o acumulación de materiales, pero no detectó las áreas inundadas en las que no se ejercieron estas acciones. En resumen es más conveniente hablar de áreas afectada que de áreas inundadas.

Es interesante indicar, antes de pasar al apartado siguiente, que en los pasos iniciales de clasificación del tramo I se observó que los canales 5 y 7 presentan un ligero desplazamiento con respecto al resto de los canales. Estos dos canales fueron corregidos geoméricamente antes de proceder al proceso de clasificación expuesto.

CARTOGRAFIA DE LOS DISTINTOS EFECTOS DE LA AVENIDA EN EL AREA INUNDADA

Una vez delimitada el área afectada por la avenida (semiautomáticamente en el tramo I y manualmente en el tramo II) se procedió a una clasificación automática utilizando los datos radiométricos originales.

En el tramo II se obtuvieron 19 clases espectrales que contrastadas en detalle con la cartografía geomorfológica de campo (Calvet, 1983), fueron agrupadas de la manera siguiente:

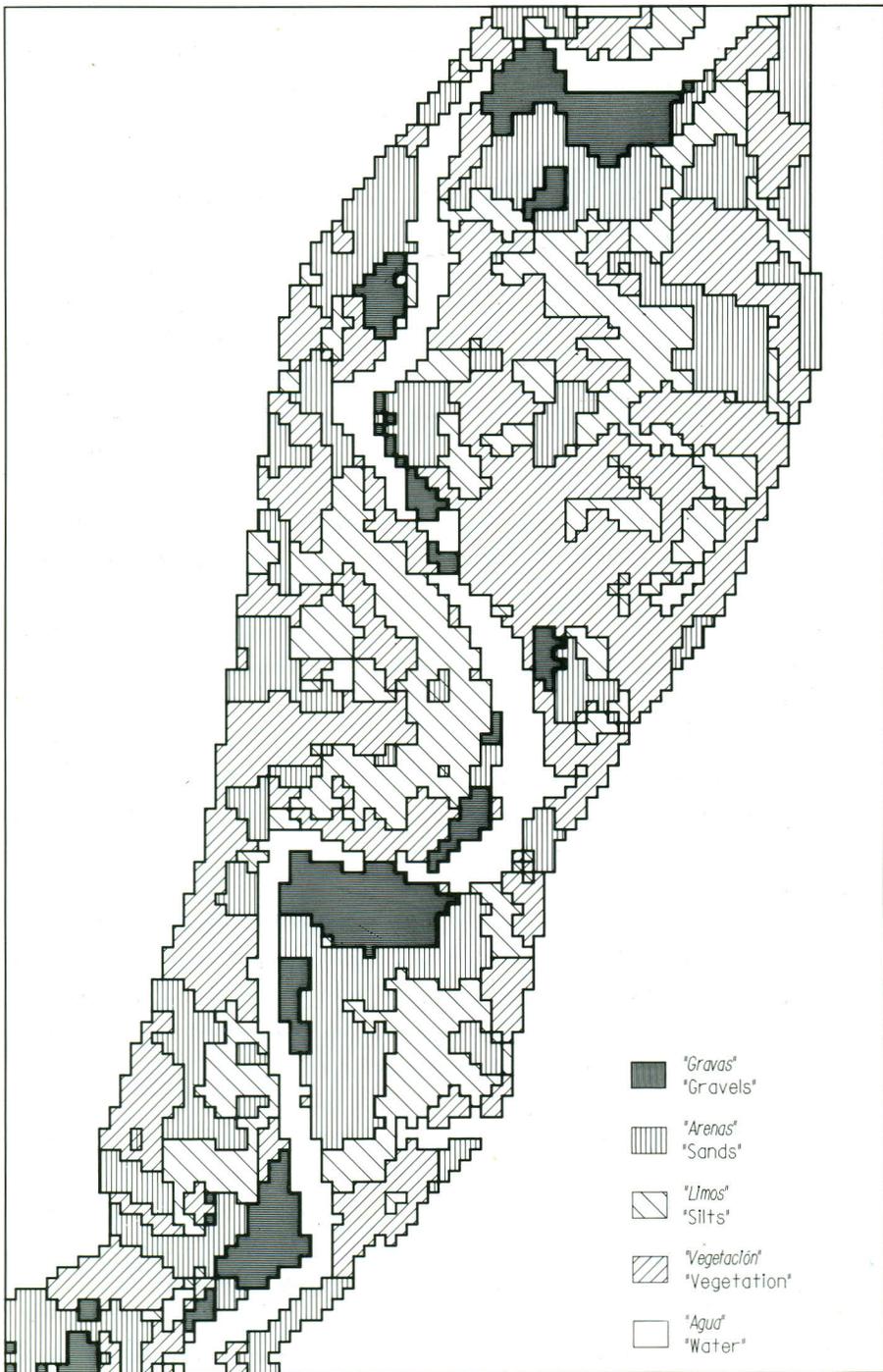


Figura 3.- Cartografía de los efectos de la avenida, en el tramo II, obtenida a partir de una clasificación.

- "gravas": corresponde a acumulaciones importantes de materiales, mayoritariamente de gravas, pero también de arenas, en depósitos de hasta 1 metro de espesor y a áreas en las que las aguas barrieron los limos preexistentes y dejaron al descubierto las gravas subyacentes.

- "arenas": corresponde a acumulaciones de arenas y a algunas superficies donde se acumularon limos.

- "limos": corresponde a áreas cubiertas de limos y áreas de vegetación, fuertemente afectada por la riada, en las que se acumularon arenas. En en estas últimas áreas la respuesta espectral correspondería al recubrimiento de limos que presentan los restos de los vegetales y las arenas quedarían ocultas bajo la pantalla formada por los restos vegetales.

- "vegetación": corresponde a formaciones vegetales que aunque situadas en la zona inundada, fueron afectadas muy poco o nada por la riada. Todas estas áreas presentan depósitos de limos de algunos centímetros de espesor. En algun caso, sobre todo para la vegetación natural próxima al río, los depósitos son de arena y presentan mayor espesor.

- "agua": corresponde al agua del río, en el momento de la toma de la imagen, y a algunas orillas.

En la figura 3 se muestra la cartografía obtenida con los grupos establecidos.

La metodología y resultados de clasificación del tramo II se exponen de una manera más amplia en Arbiol, Calvet y Viñas. (1984).

Las similitudes entre las firmas espectrales (fig. 4) de las clases de un grupo y las diferencias entre las clases de distintos grupos permiten pensar en establecer unos modelos de firma espectral que puedan ser usados para caracterizar estos distintos tipos de "terrenos" en otras áreas afectadas por la avenida.

En el tramo I, del que no se disponía de una cartografía de campo, sino tan solo de fotografías aéreas, se procedió a una clasificación automática del área afectada y en función de los modelos de firma espectral establecidos en el tramo II, se establecieron una serie de grupos (fig. 5). Se constató que no es posible establecer una correlación exacta entre las firmas de espectrales de las clases encontradas en los dos tramos, pero sí que se puede establecer esta correlación si atendemos a la forma

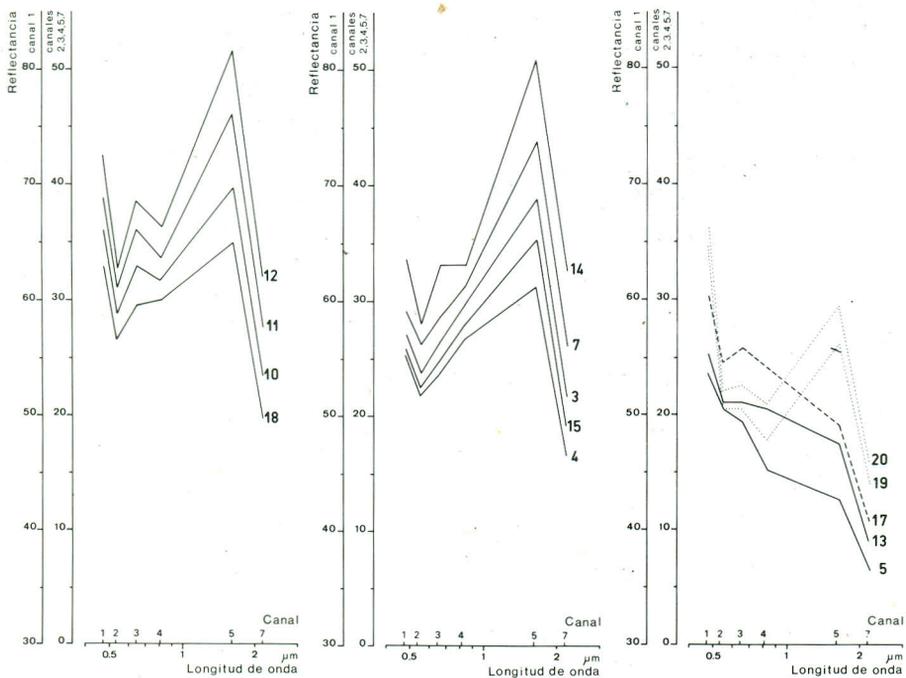


Figura 4.- Firmas espectrales de las clases obtenidas automáticamente en el tramo II. Clases 12,11,10 y 18: "gravas". Clases 14, 7 y 3:"arenas". Clases 15 y 4: "limos". Clases 5, 13, 17, 20 y 19: "agua".

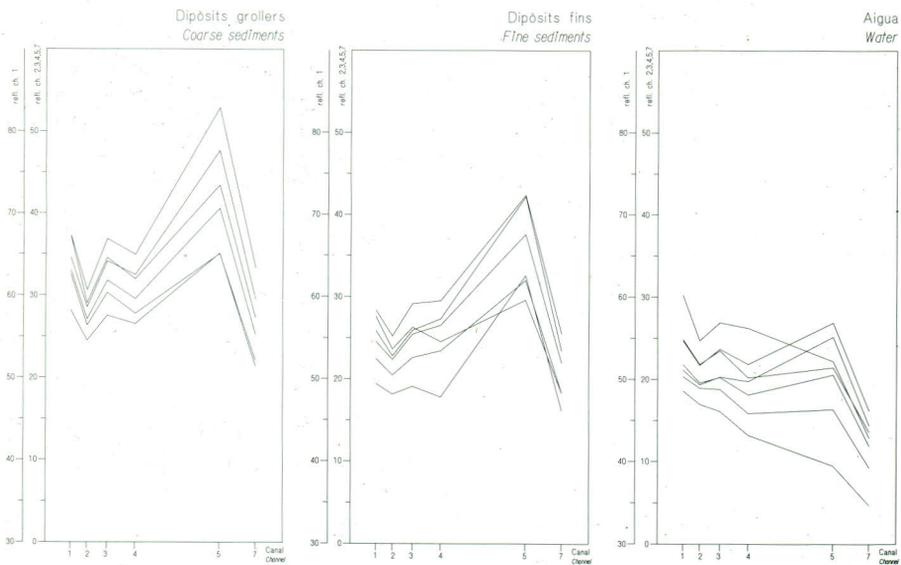
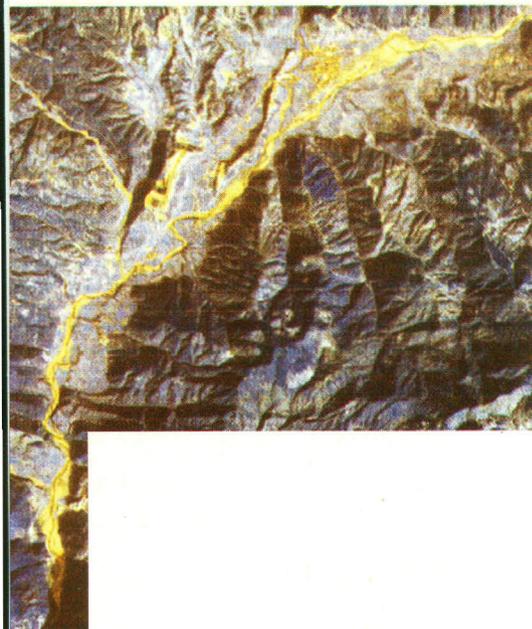
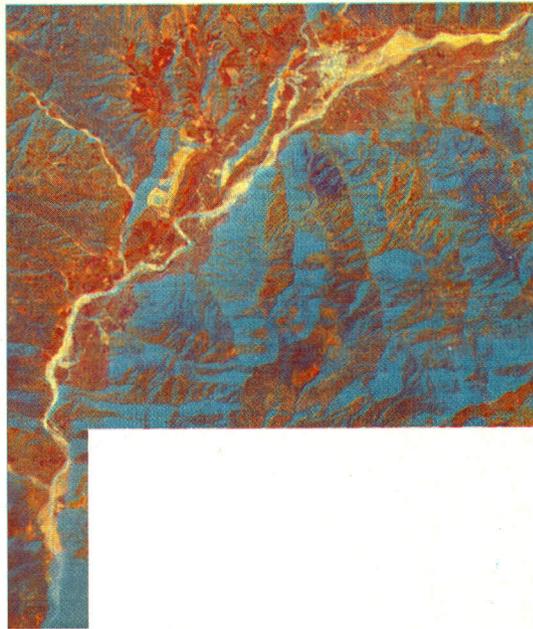


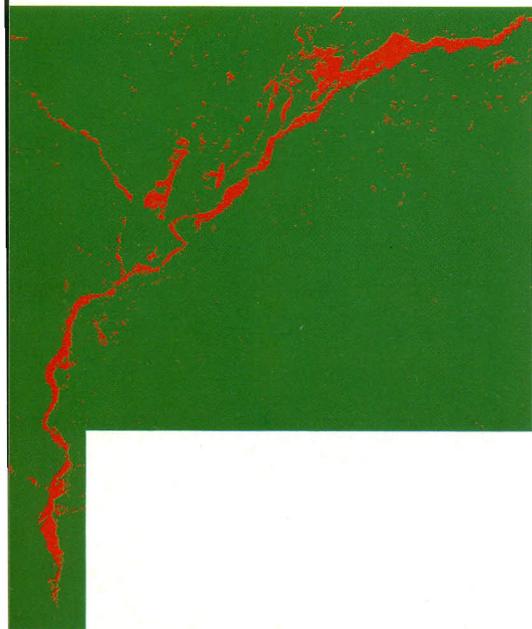
Figura 5.- Firmas espectrales de las clases obtenidas automáticamente en el tramo I.



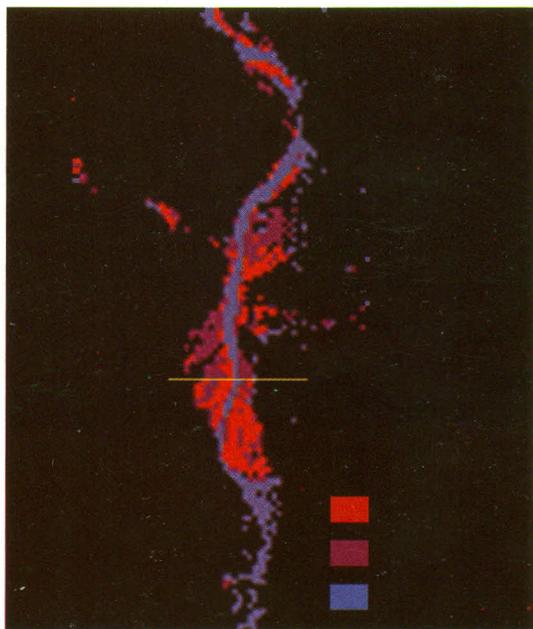
Fotografía 1. Imagen en falso color, obtenida por combinación de los canales 1, 2 y 4. Los tonos amarillentos corresponden al área afectada por la avenida.



Fotografía 2. Imagen obtenida al representar C1 x 3 (rojo), C1-C4 (verde) y C2-C5 (azul).



Fotografía 3. Resultado de la clasificación del archivo formado por C1 x 3, C1-C4, C2-C5 y C7-C4, que nos permite diferenciar el área afectada (naranja) por la avenida del área no afectada (verde).



Fotografía 4. Imagen clasificada de un sector del tramo I. Se diferencian depósitos gruesos (rojo), depósitos finos (granate) y agua (azul).

de las firmas espectrales, es decir a sus valores relativos. Se establecieron así tres grandes grupos: agua, acumulaciones de materiales gruesos (gravas) y acumulaciones de materiales finos (arenas y/o limos). En la imagen 4 se muestra un ejemplo de esta clasificación.

DISCUSION DE LA METODOLOGIA

En cuanto a la discriminación del área afectada por la avenida hubiera sido interesante, tal como se nos propuso en la presentación de este trabajo en la I Reunión Científica del Grupo de Trabajo en Teledetección, comparar la imagen posterior a la avenida con una imagen anterior. Esta posibilidad fue descartada desde el inicio del trabajo ya que no existen imágenes TM anteriores a la avenida, sin embargo y a pesar de su resolución inferior podría ser interesante efectuar su comparación con una imagen MSS.

También se nos propuso utilizar, para la discriminación, una imagen construida con las componentes principales. Al inicio de nuestro trabajo efectuamos algunas tentativas en este sentido pero consideramos que sus resultados no eran satisfactorios.

No hemos encontrado en la bibliografía ninguna referencia a trabajos que hayan intentado esta discriminación con imágenes posteriores a una avenida, aunque si existen trabajos de delimitación de áreas inundadas a partir de imágenes tomadas durante la inundación (Deuggles, 1974; Rango y Andersen, 1974; Williamson, 1974), en concreto se trata de la delimitación del área inundada por una crecida del Mississippí. En este caso la problemática planteada es de más fácil solución, ya que se trata tan solo de discriminar el área cubierta de agua; por otro lado este caso es poco aplicable a España, ya que el Mississippí experimenta crecidas que duran varios días y pueden ser captadas por el satélite, mientras que en la Península Ibérica las crecidas de los ríos son de corta duración, del orden de un día, y asociadas lógicamente a momentos de importante cubierta nubosa con lo que es poco probable poder disponer de imágenes o de imágenes validas.

Por lo que respecta a la clasificación no se plantea ninguna problemática especial y tan solo cabe resaltar su interés en vistas a la preparación y ayuda de las campañas de campo para el estudio de futuras avenidas.

CONCLUSIONES

1.- En nuestro caso, utilizando datos TM originales y aplicándoles clasificaciones más o menos semiautomáticas, es muy difícil discriminar en una imagen, posterior a una avenida, el área afectada por ésta.

2.- Se puede realizar esta discriminación clasificando a partir de datos obtenidos por combinaciones (diferencias o cocientes) de canales, que realcen los efectos de las avenidas. Los resultados son muy aceptables.

3.- Una clasificación automática del área afectada permite diferenciar diversos grados de afectación, que si se dispone de datos de campo pueden ser correlacionados fácilmente con los efectos de distintos tipos de acciones geomorfológicas.

4.- Aun dentro de una misma imagen no es aconsejable proceder a una clasificación de tramos de valle demasiado largos ya que las firmas espectrales de cada tipo de "afectación" se caracterizan más por su "forma" (valores relativos) que por sus valores absolutos. En caso de tener que analizar un tramo muy largo es aconsejable proceder a su análisis por pequeños segmentos.

5.- Los canales 5 y 7 presentan en esta imagen un desplazamiento del orden de 0.3 pixels con respecto al resto de los canales.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Negociat de Sistemes Gràfics del Institut Cartogràfic de Catalunya su colaboración en la confección de las figuras 1, 2, 3 y 5.

BIBLIOGRAFIA

ARBIOL, R., CALVET, J., VIÑAS, O. (1984): Detección por el satélite LANDSAT-4 de los efectos de la riada del 8/XI/82 en el río Segre. Acta Geológica Hispánica, 19 (4): 235-248.

BANDA, E. (1983): Hidrometria i fenòmens sísmics, in: Efectes geomorfològics des aiguats del novembre del 1982, 32-46, Barcelona, Servei Geològic, Generalitat de Catalunya.

CALVET, J. (1983): Dinàmica de la Conca Baixa del Segre (des de Sant Llorenç de Montgai fins al riu Ebre) in: Efectes geomorfològics des aiguats del novembre del 1982, 197-236, Barcelona, Servei Geològic, Generalitat de Catalunya.

DEUTSCH, M., RUGGLES F. (1974): Optical data processing and projected applications of the ERTS-1 imagery covering the 1973 Mississippi river valley floods. Water Resources Bulletin, 10 (5): 1023-1039.

Pla d'obres i correccions a fer a la xarxa hidrològica de Catalunya: obres de defensa i correcció i proposta de previsió d'avingudes (1983). Barcelona, Generalitat de Catalunya. Departament de Política Territorial i obres Públiques. 218+250.

RANGO, A., ANDERSON, A.T. (1974): Flood hazard studies in the Mississippi river basin using remote sensing. Water Resources Bulletin, 10 (5): 160-1081.

WILLIAMSON, A.N. (1974): Mississippi river flood maps from ERTS-1 digital data. Water Resources Bulletin, 10 (5): 1050-1059.